

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 26.1.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

Hakija
Applicant

Nokia Corporation
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030389

Tekemispäivä
Filing date

14.03.2003

Kansainvälinen luokka
International class

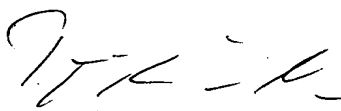
H03B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä siniaaltosignaalin generoimiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Menetelmä siniaaltosignaalin generoimiseksi

Keksinnön ala

Keksintö liittyy siniaaltosignaalin generoimiseen digitaalisesti, erityisesti siniaaltosignaalin generoimiseen käyttäen reaalityttöaritmetiikkaa ja monen näytteistystaajuuden prosessointia.

Keksinnön tausta

Digitaalisia siniaaltogeneraattoreita käytetään yleisesti värähtelevän siniaaltosignaalin generoimiseksi monissa eri elektroniikkasovelluksissa. Esimerkiksi matkaviestimissä digitaalisia siniaaltogeneraattoreita käytetään tyypillisesti muun muassa yksinkertaisten soittoäänien tai DTMF-äänien (Dual-Tone Multi-Frequency) generoimiseksi.

Tunnetun tekniikan mukaan siniaaltosignaali voidaan generoida digitaalisesti esimerkiksi käyttämällä muistitaulukkoon tallennettua signaalin aaltomuotoa. Menetelmä on yleisesti käytössä monissa elektroniikkalaitteissa, kuten matkaviestimissä, joissa taulukoihin tallennetaan siniaallon näytteitä. Taulukoihin voidaan tallentaa myös muita aaltomuotoja, kuten ääninäytteitä. Menetelmässä käytetään tyypillisesti laskuria generoimaan taulukon osoite, josta haluttu ääninäyte voidaan löytää tarvittaessa. Mikäli tallennettuja näytteitä on kuitenkin paljon, voivat tällaiset taulukot olla hyvin suuria, mikä edellyttää suurta muistikapasiteettia elektroniikkalaitteelta.

Taulukon kokoa voidaan tosin minimoida siten, että tallennetaan taulukkoon näyte, jonka pituus on ainoastaan yksi neljäsosa siniaaltosignaalin aallonpituudesta. Näitä siniaaltosignaalin neljänneksiä yhdistämällä voidaan muodostaa esimerkiksi erilaisia DTMF-ääniä. Lisäksi näytteitä voidaan tallentaa karkealla tasolla ja interpoloida hienojakoisemmat näytteet. Ongelmana on kuitenkin edelleen elektroniikkalaitteen muistikapasiteetin liiallinen käyttö. Nykyään elektroniikkalaitteiden, etenkin matkaviestinten, suunnittelun eräs kriteeri on juuri muistikapasiteetin käytön minimoiminen.

Siniaaltosignaali voidaan generoida digitaalisesti myös käyttämällä tunnetun tekniikan mukaista digitaalista siniaalto-oskillaattoria. Tyypilliset siniaalto-oskillaattorit vaativat ainakin yhden kertoimen eli jokaista näytettä kohden on ainakin yksi kertolasku, joka määrittää generoitavan taajuuden. Koska digitaalisilla siniaalto-oskillaattoreilla on tyypillisesti ennalta määritetty aritmetiikan kokonaissanapituus, tulee kerroin yleisesti kvantisoida jo ennen siniaaltosignaalin generoimista sen pituiseksi, kuin sille on allokoitu tilaa. Kertoimen kvan-

tisointi aiheuttaa kuitenkin generoitavan siniaaltosignaalin vääristymistä, mikä vaikuttaa sekä signaalin taajuuteen että amplitudiin. Siten etenkin matalan taajuuden ja puolen näytteistystaajuuden läheisyydessä olevan taajuuden generointi tarkasti on yleisesti vaikeaa.

5 Kvantisoinnin vaikutusta voidaan pienentää kasvattamalla suotimen bittileveyksiä riittävän suorituskyvyn aikaansaamiseksi. Tällöin ongelmana on kuitenkin se, että menetelmä lisää laskennallista kompleksisuutta huomattavasti. Lisäksi bittileveysmodifikaatiot ja -skaalaukset rajoittavat yleisesti siniaaltosignaalin parametrisointia.

10 Julkaisussa M.M. Al-Ibrahim, "A Simple Recursive Digital Sinusoidal Oscillator With Uniform Frequency Spacing", The 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, osa: 2, 2001 sivuilla 689 – 692 esitetään eräs tietoliikennetekniikan sovelluksissa käytettävä digitaalinen siniaalto-oskillaattori, joka on järjestetty generoimaan siniaaltosignaaleja, edullisesti matalataajuuksisia siniaaltosignaaleja, tasaisilla taajuusväleillä. Ongelmana tässä
15 julkaisun mukaisessa siniaalto-oskillaattorissa on kuitenkin se, että siinä käytetään monimutkaista kompleksilukuaritmetiikkaa siniaaltosignaalin generoimiseksi. Mikäli julkaisun mukaisen toiminnallisuuden toteuttava algoritmi suoritetaan esimerkiksi digitaalisella signaaliprosessorilla DSP (Digital Signal Processor), jokaista ulostulonäytettä kohden joudutaan suorittamaan useita käs-
20 kykierroksia.

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on näin ollen kehittää menettely siten, että yllä mainittujen ongelmien haittoja voidaan vähentää. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmillä, laitteilla ja ohjelmistotuotteella, joille on tunnusomaista se,
25 mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa. Keksinnön edulliset suoritustuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että määritetään generoitavalle siniaaltosignaalille haluttu taajuus f ja näytteistystaajuus f_s . Mikäli haluttu taajuus f
30 on suurempi kuin ylempi rajataajuus, edullisesti suurempi kuin $0,375f_s$, määritetään kerroin c näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että kertoimen c arvo vastaa yhtälöä (1):

$$c = 2 \cos\left(\frac{2\pi f}{Nf_s}\right) \quad (1)$$

Ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte määritetään kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen lineaarikombinaationa. Ulostulonäytejono desimoidaan näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s .

- 5 Keksintö perustuu toisaalta siihen, että määritetään generoitavalle siniaaltosignaaliille haluttu taajuus f ja näytteistystaajuus f_s . Mikäli haluttu taajuus f on pienempi kuin alempi rajataajuus, edullisesti pienempi kuin $0,125f_s$, määritetään kerroin c näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että kertoimen c arvo vastaa yhtälöä (2):

10

$$c = 2 \cos \left(\frac{1}{N} \left(\pi - \frac{f}{f_s} \right) \right) \quad (2)$$

- Ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte määritetään kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen lineaarikombinaationa. Ensimmäinen ulostulo-
15 näytejono kerrotaan kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon generoimiseksi. Toinen ulostulonäytejono desimoidaan näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s .

- Erään edullisen suoritusmuodon mukaan kerroin c määritetään dis-
20 kreetin taajuusindeksin, f_{index} , avulla siten, että taajuusindeksin, f_{index} , arvo olennaisesti vastaa haluttua taajuutta f .

- Keksinnön mukaisella järjestelyllä saavutetaan huomattavia etuja. Eräänä etuna on se, että ulostulonäytteen määrittäminen on suhteellisen yksinkertaista, koska menettelyssä käytetään reaalityyppistä moni-
25 mutkaisen kompleksityyppistä sijasta. Eräänä etuna on edelleen se, että keksinnön mukaisella menettelyllä voidaan generoida halutun taajuista siniaaltosignaalia matalan taajuuden ja puolen näytteistystaajuuden läheisyydessä suhteellisen tarkasti, sillä generoitavan taajuuden määrittävä kerroin c voi edustaa suhteellisen tarkasti taajuutta f tällä taajuusalueella. Eräänä etuna on
30 lisäksi se, että menettely ei vaadi muistikapasiteettia kuluttavia muistitaulukoi-
ta, joiden koko voi olla hyvinkin suuri.

Kuvioiden ja liitteiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

Kuvio 1 esittää tunnetun tekniikan mukaista digitaalista siniaalto-oskillaattoria;

Kuvio 2 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista digitaalista siniaalto-oskillaattoria korkeille taajuuksille;

5 Kuvio 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista digitaalista siniaalto-oskillaattoria matalille taajuuksille; ja

Kuvio 4 esittää erilaisilla menetelmillä generoitujen taajuuksien suhdetta taajuusindeksin funktiona.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

10 Digitaalisia siniaaltogeneraattoreita, kuten digitaalisia siniaalto-oskillaattoreita, käytetään yleisesti värähtelevän siniaaltosignaalin generoimiseksi monissa eri elektroniikkasovelluksissa. Esimerkiksi matkaviestimissä digitaalisia siniaaltogeneraattoreita käytetään tyypillisesti muun muassa yksinkertaisten soittoäänien tai DTMF-äänien generoimiseksi.

15 Siniaalto-oskillaattorien toiminta perustuu yleisesti takaisinkytkentään, sillä ulostulosignaalia syötetään takaisinkytkentänä piirin sisäänmenoon. Syöttöjännitteen kytkeytyminen aiheuttaa jännitesykäyksen ulostulosignaaliin. Kun sykäys takaisinkytketään sisäänmenoon, se tyypillisesti vahvistuu ja kytkeytyy jälleen takaisin sisäänmenoon. Siten kytkentä alkaa värähdellä. Siniaalto-oskillaattoreita ovat muun muassa RC-oskillaattorit, kuten Wienin siltaoskillaattorit ja RC-ketjuoskillaattorit, LC-oskillaattorit ja kideoskillaattorit. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät kuitenkaan rajoitu vain tässä esitettyihin oskillaattoreihin, vaan keksintöä ja sen suoritusmuotoja voidaan soveltaa myös muihin siniaaltogeneraattoreihin.

25 Näytteistystaajuudella f_s tarkoitetaan tämän keksinnön yhteydessä sitä, kuinka usein signaalista otetaan näytteitä eli kuinka usein analogista signaalia digitoidaan. Digitoidun signaalin laatu yleisesti paranee, näytteistystaajuuden f_s kasvaessa.

30 Keksinnön mukaisia edullisia suoritusmuotoja esitetään tässä hakemuksessa siten, että käytetään kaksinkertaista näytteistystaajuutta $2f_s$. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät kuitenkaan rajoitu kaksinkertaisen näytteistystaajuuden $2f_s$ käyttöön, vaan keksinnön mukainen menettely voidaan toteuttaa myös käyttämällä mitä tahansa näytteistystaajuuden f_s monikertaa N . Tällöin näytteet desimoidaan monikerran kertoimella N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi.

35

Kuviossa 1 on esitetty lohkokaavio eräästä tyypillisestä digitaalisesta siniaaltogeneraattorista, jonka ulostulonäytejonon n :s näyte $y(n)$ on lineaarinen yhdistelmä kahdesta aiemmasta ulostulonäytteestä, $y(n-1)$ ja $y(n-2)$. Tätä voidaan kuvata seuraavalla rekursiivisella differenssiyhtälöllä (3):

5

$$y(n) = c \cdot y(n-1) - y(n-2) \quad (3)$$

missä

$$n \geq 0$$

10

$y(n)$ = ulostulonäytejonon n :s näyte

c = kerroin

Kerroin c voidaan määrittää halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s funktiona, esimerkiksi seuraavan yhtälön (4) mukaan:

15

$$c = 2 \cos\left(\frac{2\pi f}{f_s}\right) \quad (4)$$

Kerroin c kvantisoidaan tyypillisesti jo ennalta, sillä kertoimen c pituus ei saa ylittää sille allokoitua pituutta digitaalisessa siniaalto-oskillaattorissa, jonka aritmetiikan kokonaissanapituus on ennalta määritetty. Määritettäessä kerroin c yhtälön (4) mukaan ongelmana on kuitenkin se, että kosinifunktiosta johtuen kvantisoitu kerroin c ei yleisesti edusta kovin tarkasti sellaista taajuutta f , joka on hyvin matala näytteistystaajuuteen f_s verrattuna, tai joka on lähellä puolta näytteistystaajuutta $f_s/2$. Ongelma voidaan ratkaista kuitenkin esimerkiksi taajuusmuunnoksella, minkä seurauksena voidaan aikaansaada siniaaltosignaali suhteellisen tarkasti halutulla taajuudella f . Taajuusmuunnos lisää kuitenkin menettelyn monimutkaisuutta.

Toisaalta siniaaltosignaaleja voidaan generoida myös esimerkiksi monimutkaisilla aritmeettisilla siniaaltogeneraattoreilla siten, että yhdistetään esimerkiksi kahden siniaaltogeneraattorin ulostulonäytteet, joista ensimmäinen generaattori generoi säädettävää taajuutta, ja toinen generaattori generoi kiinteää taajuutta, jolloin säädettävää taajuutta generoiva generaattori voi toimia taajuusalueella, jossa kvantisoitu kerroin c voi edustaa taajuutta tarkemmin.

Keksinnön mukainen menettely perustuu osittain tähän jälkimmäiseen menettelyyn. Keksinnön mukainen menettely on kuitenkin huomattavasti

tavasti yksinkertaisempi ja siten helpommin sovellettavissa erilaisiin käyttötarkoituksiin. Keksinön mukaisessa menettelyssä käytetään hyväksi reaali-kuaritmetiikkaa ja monen näytteistystaajuuden prosessointia sellaisen siniaaltosignaalin generoimiseksi, jolla on halutut ominaisuudet.

5 Kuviossa 2 on esitetty erään digitaalisen siniaalto-oskillaattorin lohkokkaavio, joka voi toteuttaa seuraavaksi esitettävän erään edullisen suoritusmuodon mukaisen menetelmän.

Menetelmässä määritetään ennalta generoitavan siniaaltosignaalin haluttu taajuus f sekä näytteistystaajuus f_s . Tässä hakemuksessa alemmalla 10 rajataajuudella tarkoitetaan taajuutta, joka on olennaisesti $0,2f_s$, ja ylemmällä rajataajuudella taajuutta, joka on olennaisesti $0,3f_s$. Mikäli haluttu taajuus f on suurempi kuin ylempi rajataajuus, edullisesti suurempi kuin $0,375f_s$, määritetään kerroin c seuraavalla tavalla. Koska siniaaltosignaalia näytteistetään kaksinkertaisella näytteistystaajuudella $2f_s$, jotta generoitavan taajuuden f ja kaksinkertaisen näytteistystaajuuden $2f_s$ eli niin sanotun korkeamman näytteistystaajuuden suhde on sellaisella alueella, jossa taajuudet voidaan esittää suhteellisen tarkasti kvantisointiaritmetiikalla, kerroin c määritetään generoitavan taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s funktiona yhtälön (4) mukaan siten, että 15 näytteistystaajuudeksi f_s sijoitetaan kaksinkertainen näytteistystaajuus $2f_s$, jolloin yhtälö (4) saa muodon (1):

$$c = 2 \cos\left(\frac{2\pi f}{Nf_s}\right) \quad (1)$$

missä N kuvaa näytteistystaajuuden f_s monikertaa. Tässä edullisessa 25 suoritusmuodossa $N = 2$. Ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte $y_1(n)$ generoidaan kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa. Kuten edellä jo esitettiin, siniaaltosignaalia näytteistetään korkeammalla näytteistystaajuudella $2f_s$. Tämä korkeammalla näytteistystaajuudella $2f_s$ generoitu ensimmäinen ulostulonäytejono y_1 desimoidaan D 30 vielä kahdella eli näytteistä otetaan vain joka toinen, halutun taajuisen siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s .

Kuviossa 3 on esitetty erään digitaalisen siniaalto-oskillaattorin lohkokkaavio, joka toteuttaa erään edullisen seuraavaksi esitettävän suoritusmuodon mukaisen menetelmän.

Menetelmässä määritetään ennalta generoitavan siniaaltosignaalin haluttu taajuus f sekä näytteistystaajuus f_s . Mikäli haluttu taajuus f on pienempi kuin alempi rajataajuus, edullisesti pienempi kuin $0,125f_s$, määritetään kerroin c seuraavalla tavalla. Koska menetelmässä generoidaan ensin siniaalto-

5 signaalia taajuudelle $0,5f_s - f$, ja siniaaltosignaalia näytteistetään kaksinkertaisella näytteistystaajuudella $2f_s$, jotta generoitavan taajuuden f ja kaksinkertaisen näytteistystaajuuden $2f_s$ suhde on sellaisella alueella, jossa taajuu-

det voidaan esittää suhteellisen tarkasti kvantisointiaritmetiikalla, kerroin c määritetään generoitavan taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s funktiona yhtä-

10 lön (4) mukaan siten, että taajuudeksi f sijoitetaan taajuus $0,5f_s - f$, jolloin yhtä-

lö (4) saa muodon (2):

$$c = 2 \cos \left(\frac{1}{N} \left(\pi - \frac{f}{f_s} \right) \right) \quad (2)$$

15 Ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte $y_1(n)$ generoidaan taajuudelle $0,5f_s - f$ kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa. Taajuus $0,5f_s - f$ on lähellä korkeamman näytteistystaajuuden $2f_s$ neljänneestä, kun haluttu taajuus f on pieni. Kuten edellä jo esitettiin, siniaaltosignaalia näytteistetään kaksinkertaisella näytteistystaajuudella $2f_s$, minkä seurauksena generoitu ensimmäinen ulostulonäytejono y_1 ker-

20 rotaan kiinteätaajuisella siniaallolla, kuten sekvenssillä $1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, \dots$, mikä olennaisesti vastaa kertomista toisella siniaaltosignaaliilla, jonka taajuus on neljäsosa korkeammasta näytteistystaajuudesta eli $f_s/2$. Reaalilukuaritmetiikasta johtuen ensimmäisen ulostulonäytejonon y_1 kertominen tällä kiinteätaajuisella siniaallolla tuottaa kaksi siniaaltokomponenttia eli toisen ulostulonäytejonon y_2 . Ensimmäisen komponentin taajuus on haluttu taajuus f ja toisen komponentin taajuus on näytteistystaajuuden f_s ja halutun taajuuden f erotus eli $f_s - f$. Tämä toinen ulostulonäytejono y_2 desimoidaan D vielä kahdella, jolloin toinen siniaaltokomponentti laskostuu halutulle taajuudelle f , jolloin saadaan

25 yksi halutun taajuinen f siniaaltosignaali halutulla näytteistystaajuudella f_s .

30

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan kerroin c määritetään käyttämällä diskreettiä taajuusindeksiä, findex , jolloin siniaalto-oskillaattorissa vältytään kertoimen c laskemiselta yhtälön (4) mukaan. Taajuusindeksin, findex , käyttöä havainnollistetaan seuraavassa esimerkissä.

Taajuusindeksin, *findex*, ollessa kokonaisluku alueella 0 – 65535, tunnetun tekniikan mukaisella siniaaltosignaalin generointimenetelmällä, kuten kuviossa 1 esitetyn mukaisella siniaaltogeneraattorilla, voidaan generoida yhtälöstä (4) johdetun yhtälön (5) mukaan seuraavia taajuuksia:

5

$$\frac{f}{f_s} = \frac{1}{2\pi} \arccos\left(\frac{32768 - \text{findex}}{32768}\right) \quad (5)$$

Sulkulauseke vastaa tässä puolikasta kerrointa c eli $c/2$.

10 Tunnetun tekniikan mukaisella siniaaltosignaalin generointimenetelmällä generoidaan edullisesti sellaisia siniaaltosignaaleja, joiden haluttu taajuus f on taajuusalueella $0,125f_s - 0,375f_s$, jolloin $16384 \leq \text{findex} \leq 49151$. Tällöin halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhde on sellaisella alueella, jossa kerroin c voi edustaa suhteellisen tarkasti haluttua taajuutta f .

15 Halutun taajuuden f ollessa suurempi kuin ylempi rajataajuus, edullisesti suurempi kuin $0,375f_s$, jolloin $49151 \leq \text{findex} \leq 65535$, saadaan yhtälöstä (4) johtamalla taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhteeksi:

$$\frac{f}{f_s} = \frac{1}{\pi} \arccos\left(\frac{65535 - \text{findex}}{32768}\right) \quad (6)$$

20 Mikäli haluttu taajuus f on kuitenkin pienempi kuin alempi rajataajuus, edullisesti pienempi kuin $0,125f_s$, jolloin $0 \leq \text{findex} \leq 16384$, saadaan yhtälöstä (2) johtamalla taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhteeksi:

$$\frac{f}{f_s} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \arccos\left(\frac{\text{findex}}{32768}\right) \quad (7)$$

25

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan siniaaltosignaalin generointitoiminnallisuus voidaan toteuttaa myös algoritmilla, joka tyypillisesti koodataan ohjelmistokoodiksi jollakin ohjelmistokielellä, kuten C++:lla. Ohjelmistokoodi voidaan suorittaa esimerkiksi digitaalisella signaaliprosessorilla DSP (Digital Signal Processor) tai mikrokontrollerilla MCU (Micro Controller Unit). Sama aritmeettinen toiminnallisuus voidaan suorittaa myös esimerkiksi kiinteällä lo-
30 giikalla, kuten ASIC-piirillä.

Kuviossa 4 esitetty kaavio havainnollistaa edellä esitettyjä suoritusmuotoja. Käyrä 1 esittää tunnetun tekniikan mukaisella menetelmällä ja käyrä

2 edellä esitettyjen edullisten suoritusmuotojen mukaisilla menetelmillä generoitujen taajuuksien suhdetta taajuusindeksiin, index , funktiona. Käyrä 3 esittää taajuuksien suhdetta taajuusindeksiin, index , funktiona ideaalitapauksessa. Verrattaessa kuvion avulla eri menetelmillä saatuja tuloksia ideaalikäyrään, voidaan todeta, että keksinnön edullisten suoritusmuotojen mukaisilla menetelmillä voidaan aikaansaada parempia tuloksia kuin tunnetun tekniikan mukaisella siniaaltosignaalin generointimenetelmällä, mikäli generoitava taajuus on pienempi kuin alempi rajataajuus tai suurempi kuin ylempi rajataajuus. Tunnetun tekniikan mukaisella generointimenetelmällä voidaan aikaansaada kuitenkin näiden edullisten suoritusmuotojen mukaisesti generoituja tuloksia vastavia tuloksia, mikäli generoitava taajuus on suurempi tai yhtä suuri kuin alempi rajataajuus tai pienempi tai yhtä suuri kuin ylempi rajataajuus.

Edellä kuvatut siniaaltosignaalin generointimenetelmät voidaan toteuttaa keksinnön eräiden edullisten suoritusmuotojen mukaisilla siniaalto-generaattoreilla.

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan siniaaltogeneraattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen $y_1(n)$ määrittämiseksi mainitun kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa. Siniaaltogeneraattori käsittää lisäksi välineet halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhteen määrittämiseksi, välineet kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (1), ja välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon $y_1(n)$ desimoimiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s , vasteena sille, että haluttu taajuus f on suurempi kuin ylempi rajataajuus.

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan siniaalto-oskillaattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen $y_1(n)$ määrittämiseksi mainitun kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa. Siniaaltogeneraattori käsittää lisäksi välineet halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhteen määrittämiseksi, välineet kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (2), välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon y_1 kertomiseksi kiinteätaajuisella siniaallolla, kuten sekvenssillä 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, ..., toisen ulostulonäytejonon y_2 generoimiseksi, ja välineet toisen ulostulonäytejonon y_2 desimoimiseksi näyt-

teistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s , vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on pienempi kuin alempi rajataajuus.

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan siniaalto-oskillaattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen $y_1(n)$ määrittämiseksi kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa. Siniaalto-oskillaattori käsittää lisäksi välineet halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s suhteen määrittämiseksi, välineet kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (1), ja välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon y_1 desimoimiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s , vasteena sille, että haluttu taajuus f on suurempi kuin ylempi rajataajuus. Siniaalto-oskillaattori käsittää lisäksi välineet kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran N funktiona, esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (2), välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon y_1 kertomiseksi kiinteätaajuisella siniaallolla, kuten sekvenssillä 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1,..., toisen ulostulonäytejonon y_2 generoimiseksi, ja välineet toisen ulostulonäytejonon y_2 desimoimiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s , vasteena sille, että haluttu taajuus f on pienempi kuin alempi rajataajuus. Siniaalto-oskillaattori käsittää lisäksi välineet kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s funktiona esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (4), halutun taajuisen f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s , vasteena sille, että haluttu taajuus f on suurempi tai yhtä suuri kuin alempi rajataajuus tai pienempi tai yhtä suuri kuin ylempi rajataajuus.

Siniaaltosignaalin generointitoiminnallisuus voidaan aikaansaada myös elektroniikkalaitteeseen sovitettavissa olevalla ohjelmistotuotteella.

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan ohjelmistotuote käsittää ohjelmistokoodin ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen $y_1(n)$ määrittämiseksi kertoimen c ja kahden aiemman ulostulonäytteen, $y_1(n-1)$ ja $y_1(n-2)$, lineaarikombinaationa ja ohjelmistokoodin halutun taajuuden f ja näytteistystaajuuden f_s määrittämiseksi. Ohjelmistotuote käsittää lisäksi ensimmäisen aliprosessin vasteena sille, että haluttu taajuus f on suurempi kuin ylempi rajataajuus. Ensimmäinen aliprosessi käsittää ohjelmistokoodin kertoimen c mää-

rittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran funktiona esimerkiksi siten, että
 sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (1), ja ohjelmistokoodin ensimmäi-
 sen ulostulonäytejonon y_1 desimoimiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerralla
 N halutun taajuuden f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaa-
 5 juudella (f_s). Ohjelmistotuote käsittää lisäksi toisen aliprosessin vasteena sille,
 että haluttu taajuus f on pienempi kuin alempi rajataajuus. Toinen aliprosessi
 käsittää ohjelmistokoodin kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s
 monikerran N funktiona esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitet-
 tyä yhtälöä (2), ohjelmistokoodin ensimmäisen ulostulonäytejonon y_1 kertomi-
 10 seksi kiinteätaajuisella siniaallolla, kuten sekvenssillä 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1,...,
 toisen ulostulonäytejonon y_2 generoimiseksi, ja ohjelmistokoodin toisen ulostu-
 lonäytejonon y_2 desimoimiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerralla N halutun
 taajuuden f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella f_s .
 Ohjelmistotuote käsittää lisäksi kolmannen aliprosessin vasteena sille, että
 15 haluttu taajuus f on suurempi tai yhtä suuri kuin alempi rajataajuus tai pienempi
 tai yhtä suuri kuin ylempi rajataajuus. Kolmas aliprosessi käsittää ohjel-
 mistokoodin kertoimen c määrittämiseksi näytteistystaajuuden f_s monikerran N
 funktiona esimerkiksi siten, että sen arvo vastaa aiemmin esitettyä yhtälöä (4)
 halutun taajuuden f siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaa-
 20 juudella f_s .

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksin-
 nön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritus-
 muodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin ja komponentteihin,
 vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä siniaaltosignaalin generoimiseksi, jossa menetelmässä määritetään mainitulle siniaaltosignaalille haluttu taajuus (f) ja näytteistystaajuus (f_s), ja määritetään ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte ($y_1(n)$) kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen ($y_1(n-1)$, $y_1(n-2)$) lineaarikombinaationa

tunnettu siitä, että
 mikäli haluttu taajuus (f) on suurempi kuin ylempi rajataajuus, määritetään kerroin (c) mainitun näytteistystaajuuden (f_s) moniker-
 10 ran (N) funktiona, ja
 desimoidaan ensimmäinen ulostulonäytejono (y_1) näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
 15 tunnettu siitä, että
 määritetään kerroin (c) diskreetin taajuusindeksin (f_{index}) avulla, jonka taajuusindeksin (f_{index}) arvo olennaisesti vastaa haluttua taajuutta (f).

3. Menetelmä siniaaltosignaalin generoimiseksi, jossa menetelmässä määritetään mainitulle siniaaltosignaalille haluttu taajuus (f) ja näytteistystaajuus (f_s), ja määritetään ensimmäisen ulostulonäytejonon n :s näyte ($y_1(n)$) kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen ($y_1(n-1)$, $y_1(n-2)$) lineaarikombinaationa,

tunnettu siitä, että
 mikäli haluttu taajuus (f) on pienempi kuin alempi rajataajuus, määritetään kerroin (c) mainitun näytteistystaajuuden (f_s) moniker-
 25 ran (N) funktiona,

kerrotaan mainittu ensimmäinen ulostulonäytejono (y_1) kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon (y_2) generoimiseksi, ja
 desimoidaan toinen ulostulonäytejono (y_2) näytteistystaajuuden (f_s)
 30 monikerralla (N) halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s).

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä,
 tunnettu siitä, että
 määritetään kerroin (c) diskreetin taajuusindeksin (f_{index}) avulla,
 35 jonka taajuusindeksin (f_{index}) arvo olennaisesti vastaa haluttua taajuutta (f).

5. Siniaalto-oskillaattori, joka on järjestetty generoimaan halutun taajuista (f) siniaaltosignaalia näytteistystaajuudella (f_s), ja joka siniaalto-oskillaattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen ($y_1(n)$) määrittämiseksi mainitun kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen ($y_1(n-1)$, $y_1(n-2)$) lineaarikombinaationa,

t u n n e t t u siitä, että mainittu siniaalto-oskillaattori käsittää lisäksi:
välineet halutun taajuuden (f) ja näytteistystaajuuden (f_s) suhteen määrittämiseksi,
välineet kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona, ja
välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s),
vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on suurempi kuin ylempi raja-
taajuus.

6. Siniaalto-oskillaattori, joka on järjestetty generoimaan halutun taajuista (f) siniaaltosignaalia näytteistystaajuudella (f_s), ja joka siniaalto-oskillaattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen ($y_1(n)$) määrittämiseksi mainitun kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen ($y_1(n-1)$, $y_1(n-2)$) lineaarikombinaationa,

t u n n e t t u siitä, että mainittu siniaalto-oskillaattori käsittää lisäksi:
välineet halutun taajuuden (f) ja näytteistystaajuuden (f_s) suhteen määrittämiseksi,
välineet kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona,
välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) kertomiseksi kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon (y_2) generoimiseksi, ja
välineet mainitun toisen ulostulonäytejonon (y_2) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s),
vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on pienempi kuin alempi raja-
taajuus.

7. Siniaalto-oskillaattori, joka on järjestetty generoimaan halutun taajuista (f) siniaaltosignaalia näytteistystaajuudella (f_s), ja joka siniaalto-oskillaattori käsittää välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen

$(y_1(n))$ määrittämiseksi mainitun kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen $(y_1(n-1), y_1(n-2))$ lineaarikombinaationa,

t u n n e t t u siitä, että mainittu siniaaltogeneraattori käsittää lisäksi:

välineet halutun taajuuden (f) ja näytteistystaajuuden f_s suhteen

5 määrittämiseksi,

välineet kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona, ja

välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuuden (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s) ,

10 vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on suurempi kuin ylempi rajataajuus,

välineet kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona,

15 välineet ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) kertomiseksi kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon (y_2) generoimiseksi, ja

välineet mainitun toisen ulostulonäytejonon (y_2) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuuden (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s) ,

20 vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on pienempi kuin alempi rajataajuus, ja

välineet kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) funktiona halutun taajuuden (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s) ,

25 vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on suurempi tai yhtä suuri kuin alempi rajataajuus tai pienempi tai yhtä suuri kuin ylempi rajataajuus.

8. Ohjelmistotuote halutun taajuuden (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi näytteistystaajuudella (f_s) , joka ohjelmistotuote käsittää ohjelmistokoodin ensimmäisen ulostulonäytejonon n :nnen näytteen $(y_1(n))$ määrittämiseksi mainitun kertoimen (c) ja kahden aiemman ulostulonäytteen $(y_1(n-1), y_1(n-2))$ lineaarikombinaationa,

t u n n e t t u siitä, että mainittu ohjelmistotuote käsittää lisäksi:

ohjelmistokoodin halutun taajuuden (f) ja näytteistystaajuuden (f_s) suhteen määrittämiseksi, sekä

35 ensimmäisen aliprosessin vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on suurempi kuin ylempi rajataajuus, joka ensimmäinen aliprosessi käsittää:

ohjelmistokoodin kertoimen (c) määrittämiseksi, mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona, ja

ohjelmistokoodin ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuisen (f)
5 siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s),

toisen aliprosessin vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on pienempi kuin alempi rajataajuus, joka toinen aliprosessi käsittää:

ohjelmistokoodin kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden (f_s) monikerran (N) funktiona,

10 ohjelmistokoodin ensimmäisen ulostulonäytejonon (y_1) kertomiseksi kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon (y_2) generoimiseksi, ja

ohjelmistokoodin mainitun toisen ulostulonäytejonon (y_2) desimoimiseksi mainitulla näytteistystaajuuden (f_s) monikerralla (N) halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella (f_s), ja

15 kolmannen aliprosessin vasteena sille, että haluttu taajuus (f) on suurempi tai yhtä suuri kuin alempi rajataajuus tai pienempi tai yhtä suuri kuin ylempi rajataajuus, joka kolmas aliprosessi käsittää:

ohjelmistokoodin kertoimen (c) määrittämiseksi mainitun näytteistystaajuuden f_s funktiona halutun taajuisen (f) siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla

20 näytteistystaajuudella (f_s).

(57) Tiivistelmä

Menetelmät, laitteet ja ohjelmistotuote halutun taajuisen digitaalisen siniaaltosignaalin generoimiseksi halutulla näytteistystaajuudella. Mikäli haluttu taajuus on suurempi kuin ylempi rajataajuus, määritetään kerroin näytteistystaajuuden monikerran funktiona sekä ensimmäisen ulostulonäytejonon näyte kertoimen ja kahden aiemman ulostulonäytteen lineaarikombinaationa. Ensimmäinen ulostulonäytejono desimoidaan näytteistystaajuuden monikerralla halutun siniaaltosignaalin generoimiseksi. Mikäli haluttu taajuus on pienempi kuin alempi rajataajuus, määritetään kerroin näytteistystaajuuden monikerran funktiona sekä ensimmäisen ulostulonäytejonon näyte kertoimen ja kahden aiemman ulostulonäytteen lineaarikombinaationa. Ensimmäinen ulostulonäytejono kerrotaan kiinteätaajuisella siniaallolla toisen ulostulonäytejonon generoimiseksi. Toinen ulostulonäytejono desimoidaan näytteistystaajuuden monikerralla halutun siniaaltosignaalin generoimiseksi.

(Kuvio 2)

1/3
L6

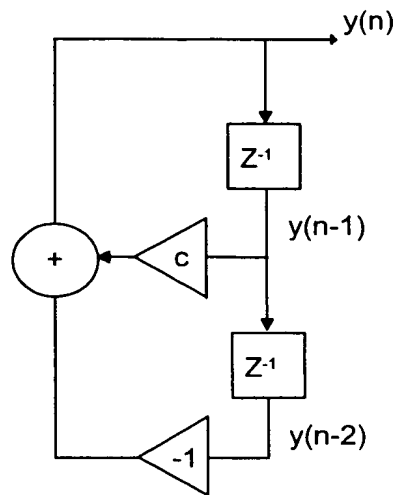


Fig. 1.

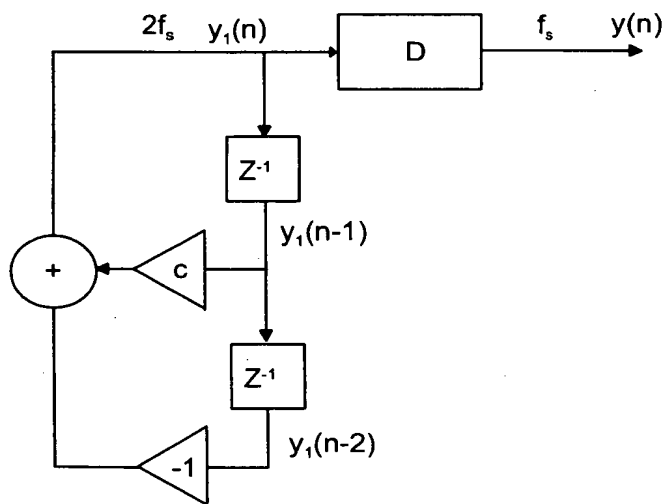


Fig. 2.

2/3

L6

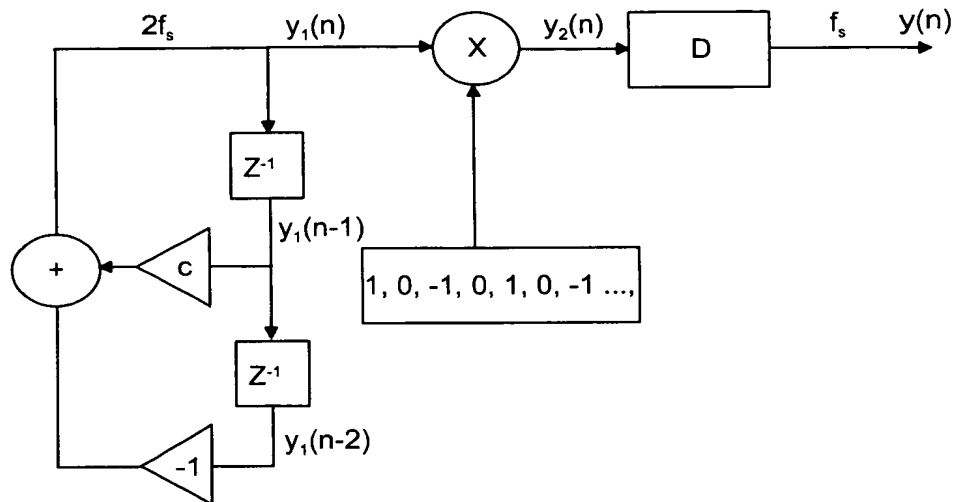


Fig. 3.

3/3

L6

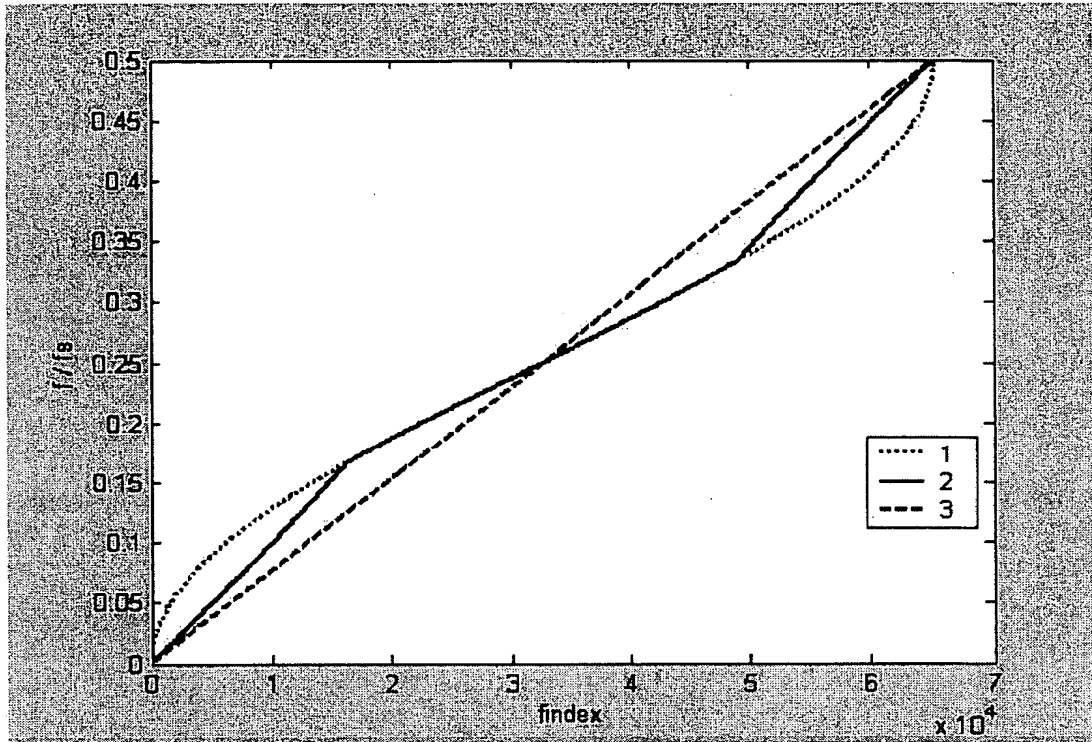


Fig. 4.